



## Electrical power transmission system

**Patent number:** DE19845903  
**Publication date:** 2000-04-06  
**Inventor:** WOB BEN ALOYS (DE)  
**Applicant:** WOB BEN ALOYS (DE)  
**Classification:**  
**- International:** F03D9/00; H02J3/36; H02J3/38; H02M7/48; F03D9/00;  
H02J3/36; H02J3/38; H02M7/48; (IPC1-7): H02J3/36;  
H02M7/12; H02M7/48  
**- european:** F03D9/00C2; H02J3/36; H02J3/38; H02M7/48H  
**Application number:** DE19981045903 19981005  
**Priority number(s):** DE19981045903 19981005

### Also published as:

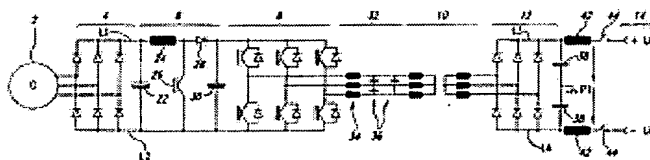
 WO0021186 (A1)  
 EP1118151 (A1)  
 US6437996 (B1)  
 CA2343812 (A1)  
 EP1118151 (B1)

more >>

[Report a data error here](#)

### Abstract of DE19845903

The invention relates to an electrical power transmission system for transmitting electrical power from a generator (2) generating a first inverter voltage to an electrical alternating voltage network (20) via a transmission line (14). Said transmission system comprises a circuit arrangement (4, 6, 8, 10, 12) which converts the first alternating voltage generated by the generator (2) into a first direct voltage and feeds it into the transmission line (14). The system is also provided with a first inverter (18) which is connected to the output of the transmission line (14). Said inverter converts the first direct voltage into a second alternating voltage and feeds it into the alternating voltage network (20). One of the advantages of the invention is that it provides a circuit arrangement (4, 6, 8, 10, 12) which has a converter connection (4, 6, 8) which converts the first alternating voltage generated by the generator (2) into a third alternating voltage. The invention additionally provides a first transformer (10) which converts the third alternating voltage into a fourth alternating voltage, and a first rectifier (12) which converts the fourth alternating voltage into the first direct voltage.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



①⑨ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

①⑫ **Offenlegungsschrift**  
①⑩ **DE 198 45 903 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**H 02 J 3/36**  
H 02 M 7/12  
H 02 M 7/48

②① Aktenzeichen: 198 45 903.3  
②② Anmeldetag: 5. 10. 1998  
④③ Offenlegungstag: 6. 4. 2000

**DE 198 45 903 A 1**

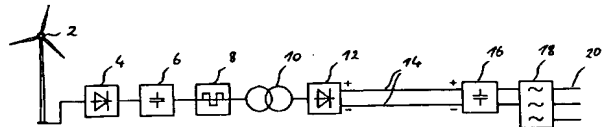
⑦① Anmelder:  
Wobben, Aloys, 26607 Aurich, DE  
  
⑦④ Vertreter:  
Eisenführ, Speiser & Partner, 28195 Bremen

⑦② Erfinder:  
gleich Anmelder

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤④ Elektrische Energieübertragungsanlage

⑤⑦ Die Erfindung betrifft eine elektrische Energieübertragungsanlage zur Übertragung von elektrischer Energie von einem eine erste Wechselrichterspannung erzeugenden Generator (2) über eine Übertragungsleitung (14) in ein elektrisches Wechselspannungsnetz (20), mit einer Schaltungsanordnung (4, 6, 8, 10, 12), die die vom Generator (2) erzeugte erste Wechselspannung in eine erste Gleichspannung umwandelt und in die Übertragungsleitung (14) einspeist, und einem ersten Wechselrichter (18), der am Ausgang der Übertragungsleitung (14) angeschlossen ist und die erste Gleichspannung in eine zweite Wechselspannung umwandelt und in das Wechselspannungsnetz (20) einspeist. Das Besondere der Erfindung besteht darin, daß die Schaltungsanordnung (4, 6, 8, 10, 12) eine Stromrichterschaltung (4, 6, 8), die die vom Generator (2) erzeugte erste Wechselspannung in eine dritte Wechselspannung umwandelt, einen ersten Transformator (10), der die dritte Wechselspannung in eine vierte Wechselspannung umwandelt, und einen ersten Gleichrichter (12), der die vierte Wechselspannung in die erste Gleichspannung umwandelt, aufweist.



**DE 198 45 903 A 1**

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine elektrische Energieübertragungsanlage zur Übertragung von elektrischer Energie von einem eine erste Wechselspannung erzeugenden Generator über eine Übertragungsleitung in ein elektrisches Wechselspannungsnetz, mit einer Schaltungsanordnung, die die vom Generator erzeugte erste Wechselspannung in eine erste Gleichspannung umwandelt und in die Übertragungsleitung einspeist, und mit einem ersten Wechselrichter, der am Ausgang der Übertragungsleitung angeschlossen ist und die erste Gleichspannung in eine zweite Wechselspannung umwandelt und in das Wechselspannungsnetz einspeist.

Stromerzeugungsanlagen wie elektrische Generatoren werden üblicherweise direkt an das öffentliche Versorgungsnetz angeschlossen. Dies gilt auch für Windenergieanlagen. Besteht jedoch eine größere Entfernung zu einem möglichen Anschlußpunkt an das öffentliche Versorgungsnetz, muß eine Übertragungsleitung vorgesehen werden. Wird dabei die vom Generator erzeugte Wechselspannung direkt in die Übertragungsleitung eingespeist, treten auf der Übertragungsleitung Blindleistungen und damit erhöhte Leitungsverluste sowie bei längeren Strecken Instabilitäten auf, weil die Impedanz einer solchen Wechselstromleitung aus Induktivität, Kapazität und realem Widerstand besteht. Ebenfalls erzeugt eine Wechselstromleitung ein elektromagnetisches Feld, das zu unerwünschten EMV-Problemen führen kann.

Um die zuvor aufgezeigten Nachteile zu vermeiden, wird die vom Generator erzeugte erste Wechselspannung in eine erste Gleichspannung umgewandelt, die dann in die Übertragungsleitung eingespeist wird. Am Ende der Übertragungsleitung wird die Gleichspannung in eine zweite Wechselspannung umgewandelt und in das öffentliche Versorgungsnetz eingespeist, bei dem es sich ja um ein Wechselspannungsnetz handelt. Dabei sollte zweckmäßigerweise die umgewandelte zweite Wechselspannung der des öffentlichen Versorgungsnetzes zumindest im wesentlichen entsprechen, um unerwünschte Ausgleichsströme und Oberschwingungen zu vermeiden. Bei diesem bekannten Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungssystem, abgekürzt bezeichnet als HGÜ-System, wird mit Hilfe von Gleichstromdrosseln ein Gleichstrom in die Übertragungsleitung eingeprägt, wobei sich die Gleichspannung in Abhängigkeit von der Steuerung der zugehörigen Gleich- und Wechselrichter entsprechend einstellt.

Mit Hilfe der Erfindung wird nun eine elektrische Energieübertragungsanlage der eingangs genannten Art geschaffen, bei welcher die Schaltungsanordnung eine Stromrichterschaltung, die die vom Generator erzeugte erste Wechselspannung in eine dritte Wechselspannung umwandelt, einen ersten Transformator, der die dritte Wechselspannung in eine vierte Wechselspannung umwandelt, und einen ersten Gleichrichter, der die vierte Wechselspannung in die erste Gleichspannung umwandelt, aufweist.

Die erfindungsgemäß ausgebildete Schaltungsanordnung gestattet auf einfache Weise insbesondere die Erzeugung von in die Übertragungsleitung einzuspeisenden hohen Gleichspannungen, wodurch die Übertragung von elektrischer Energie in einem breiten Leistungsbereich auf der Übertragungsleitung möglich ist.

Bei der erfindungsgemäßen Anlage läßt sich bevorzugt die in die Übertragungsleitung eingespeiste hohe Gleichspannung als Basisgröße über den gesamten Leistungsbereich konstant halten, während sich der Strom linear als Funktion der zu übertragenden Leistung entsprechend ändert, wozu die Stromrichterschaltung und/oder der erste Gleichrichter die von ihm erzeugte und in die Übertragungs-

leitung gespeiste erste Gleichspannung auf einen konstanten Wert regelt. Dadurch entfallen die bei der bekannten Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung erforderlichen Gleichstromdrosseln.

Vorzugsweise ist die Frequenz der dritten Wechselspannung höher als die der ersten Wechselspannung und sollte insbesondere in einem Bereich von etwa 500 bis 20.000 Hz liegen, so daß der erfindungsgemäß vorgesehene Transformator die Funktion eines sogenannten Mittelfrequenztransformators übernimmt.

Die Stromrichterschaltung kann die erste Wechselspannung, bei der es sich gewöhnlich um eine Drehspannung, also eine dreiphasige Wechselspannung, handelt, auch in eine einphasige dritte Wechselspannung umwandeln, wodurch der apparative Aufwand reduziert wird.

Eine gegenwärtig besonders bevorzugte Ausführung zeichnet sich dadurch aus, daß die Stromrichterschaltung einen zweiten Gleichrichter, der die vom Generator erzeugte erste Wechselspannung in eine zweite Gleichspannung umwandelt, und einen zweiten Wechselrichter, der die vom zweiten Gleichrichter erzeugte zweite Gleichspannung in die dritte Wechselspannung umwandelt, aufweist. Durch die Einfügung eines solchen Gleichspannungszwischenkreises ist es möglich, den nachgeschalteten zweiten Wechselrichter mit einer beliebigen Anzahl von Phasen und insbesondere auch als einphasiger Wechselrichter auszuführen. Ferner bietet ein solcher Gleichspannungszwischenkreis auf einfache Weise die Möglichkeit, den Betrag der Eingangsspannung am zweiten Wechselrichter im wesentlichen konstant zu halten, wozu zweckmäßigerweise ein Hochsetzsteller im Gleichspannungszwischenkreis vorgesehen ist. Die vom zweiten Gleichrichter erzeugte zweite Gleichspannung ist nämlich gewöhnlich grob linear von der Generator Drehzahl abhängig und somit entsprechend variabel, so daß diese vom Hochsetzsteller in eine im wesentlichen konstante Gleichspannung umgeformt wird. Außerdem sollte die vom ersten Gleichrichter aus der vierten Wechselspannung erzeugte und in die Übertragungsleitung eingespeiste erste Gleichspannung in der Regel höher als die zweite Gleichspannung des Gleichspannungs-Zwischenkreises sein.

Üblicherweise wandelt der erste Gleichrichter die vierte Wechselspannung in eine erste Gleichspannung um, die im Bereich von etwa 10 bis 500 kV liegt.

Der erste Transformator wandelt die dritte Wechselspannung vorzugsweise in eine vierte Wechselspannung mit einer höheren Amplitude als die der dritten Wechselspannung um, um die gewünschte Erzeugung der in die Übertragungsleitung einzuspeisenden hohen Gleichspannung zu realisieren.

Zwischen der Stromrichterschaltung und dem ersten Transformator sollte bevorzugt ein Filter geschaltet sein, der zweckmäßigerweise mindestens eine in Reihe geschaltete Induktivität und mindestens einen parallel geschalteten Kondensator aufweist, um unerwünschte Oberschwingungen im wesentlichen zu eliminieren.

Zur Glättung der Gleichspannungen sollte zwischen dem ersten Gleichrichter und der Übertragungsleitung und/oder zwischen der Übertragungsleitung und dem ersten Wechselrichter mindestens ein Kondensator gegen Masse geschaltet sein.

Im Hinblick auf die von der Übertragungsleitung eingespeiste hohe Gleichspannung müssen die Hochspannungsschalter des ersten Wechselrichters am Einspeiseort eine entsprechend hohe Spannungsfestigkeit aushalten. Um die Spannungsfestigkeit an den Hochspannungsschaltern zu reduzieren, wird daher vorgeschlagen, vorzugsweise den ersten Wechselrichter aus mehreren in Reihe geschalteten Teilwechselrichtern auszubilden. Bei einer Weiterbildung

dieser Ausführung ist der erste Wechselrichter aus mehreren in Reihe geschalteten Teilwechselrichtern gerader Anzahl gebildet und liegt der Verbindungspunkt zwischen der ersten halben Anzahl und der zweiten halben Anzahl von Teilwechselrichtern auf Erdpotential.

Zur galvanischen Trennung und zur Spannungsanpassung der Energieübertragungsanlage gegenüber dem Wechselspannungsnetz bzw. öffentlichen Versorgungsnetz kann der erste Wechselrichter über einen zweiten Transformator an das Wechselspannungsnetz angeschlossen sein. Für den Fall, daß der erste Wechselrichter aus mehreren Teilwechselrichtern in der zuvor beschriebenen Weise besteht, weist der zweite Transformator mehrere induktiv in Reihe gekoppelte Primärwicklungsanordnungen entsprechend der Anzahl der Teilwechselrichter und eine gemeinsame Sekundärwicklungsanordnung auf, wobei jeweils eine Primärwicklungsanordnung an einen Teilwechselrichter angeschlossen ist, so daß der zweite Transformator die Addition der einzelnen Leistungen der Teilwechselrichter übernimmt.

Weitere bevorzugte Ausführungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Die zuvor beschriebene erfindungsgemäße Energieübertragungsanlage eignet sich insbesondere zum Anschluß von Windenergieanlagen an das öffentliche Versorgungsnetz, wenn größere Entfernungen vom jeweiligen Windpark zu einem möglichen Anschlußpunkt zu überbrücken sind.

Nachfolgend werden bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der beliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

**Fig. 1** schematisch im Blockschaltbild die gesamte elektrische Energieübertragungsanlage mit eingangsseitig daran angeschlossener Windenergieanlage und ausgangsseitig am geschlossenen öffentlichen Versorgungsnetz;

**Fig. 2** ein detaillierteres Schaltbild der Anordnung aus erstem Gleichrichter, an dessen Eingang der elektrische Generator der Windenergieanlage angeschlossen ist, Gleichspannungszwischenkreis, erstem Wechselrichter, Filter, Mittelfrequenztransformator und zweitem Gleichrichter, an dessen Ausgang die Übertragungsleitung angeschlossen ist;

**Fig. 3** ein detaillierteres Schaltbild der Anordnung aus zweitem Wechselrichter in einer ersten Ausführung, an dessen Eingang die Übertragungsleitung angeschlossen ist, und Ausgangstransformator, dessen Sekundärwicklungen am dreiphasigen öffentlichen Versorgungsnetz angeschlossen sind; und

**Fig. 4a** und **b** das Schaltbild von **Fig. 3** mit einem modifizierten zweiten Wechselrichter in einer zweiten Ausführung (**Fig. 4a**) und einer dritten Ausführung (**Fig. 4b**).

Im nachfolgend beschriebenen Ausführungsbeispiel ist der elektrische Generator, dessen erzeugte Energie mit Hilfe einer Übertragungsleitung 14 über größere Entfernungen in ein öffentliches Versorgungsnetz 20 eingespeist werden soll, Teil einer Windenergieanlage, wie in **Fig. 1** schematisch zu erkennen ist. Gleichwohl sei an dieser Stelle angemerkt, daß die Art des Antriebes des elektrischen Generators 2 grundsätzlich keinen Einfluß auf die Funktionsweise der nachfolgend beschriebenen Schaltung hat und der elektrische Generator 2 alternativ beispielsweise auch durch Wasserkraft oder Verbrennen von fossilen Werkstoffen angetrieben werden kann.

Wie **Fig. 1** erkennen läßt, ist der elektrische Generator 2 der Windenergieanlage an eine Stromrichterschaltung angeschlossen, die einen ersten Gleichrichter 4, einen Gleichrichterzwischenkreis 6 und einen ersten Wechselrichter 8 aufweist. Ein Mittelfrequenztransformator 10 ist zwischen dem Ausgang des ersten Wechselrichters 8 und dem Eingang eines zweiten Gleichrichters 12 geschaltet. Am Ausgang des zweiten Gleichrichters 12 ist die Übertragungslei-

tung 14 angeschlossen, auf der die vom zweiten Gleichrichter 12 erzeugte Gleichspannung über eine größere Entfernung übertragen wird. Die Übertragungsleitung 14 ist an einen Filter 16 angeschlossen, dem ein zweiter Wechselrichter 18 nachgeschaltet wird, der mit seinem Ausgang am öffentlichen Versorgungsnetz 20 angeschlossen ist. Bei dem öffentlichen Versorgungsnetz 20 handelt es sich um ein gewöhnliches Drehstromnetz mit der üblichen Frequenz von 50 Hz oder 60 Hz.

Der elektrische Generator 2 der Windenergieanlage gemäß **Fig. 1** erzeugt eine drei- oder sechsphasige Wechselspannung und speist diese in den ersten Gleichrichter 4 ein, der die dreiphasige Wechselspannung in eine Gleichspannung umformt. Beim ersten Gleichrichter 4 handelt es sich um einen gewöhnlichen drei- oder sechsphasigen Vollwellengleichrichter, der die positive Halbwelle jeder Phase in eine positive Teilgleichspannung auf dem positiven "Ast" L1 und die negative Halbwelle jeder Phase in eine negative Teilgleichspannung auf dem negativen "Ast" L2 umwandelt (siehe **Fig. 2**). An dieser Stelle sei angemerkt, daß der elektrische Generator 2 natürlich alternativ auch beispielsweise eine einphasige Wechselspannung erzeugen kann, wozu dann der erste Gleichrichter als einphasiger Gleichrichter ausgebildet sein muß.

Die vom ersten Gleichrichter 4 erzeugte Gleichspannung liegt am Gleichspannungszwischenkreis 6 an, an dessen Eingang ein zwischen positivem Ast L1 und negativem Ast L2 geschalteter erster Kondensator 22 vorgesehen ist. Da die vom ersten Gleichrichter 4 erzeugte Gleichspannung grob linear von der Drehzahl des elektrischen Generators 2 abhängt, enthält der Gleichspannungszwischenkreis 6 einen Hochsetzsteller, der diese variable Gleichspannung in eine konstante Gleichspannung umformt (siehe **Fig. 2**). Dieser Hochsetzsteller weist eine erste Induktivität 24, einen an deren Ausgang angeschlossen und zwischen positivem Ast L1 und negativem Ast L2 parallel geschalteten IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) 26, eine ebenfalls am Ausgang der Induktivität 24 angeschlossene und im positiven Ast L1 in Reihe geschaltete Diode 28 und am Ausgang einen zwischen positivem Ast L1 und negativem Ast L2 geschalteten zweiten Kondensator 30 zur Glättung der Gleichspannung auf.

Am Ausgang des Gleichspannungszwischenkreises 6 ist in der in **Fig. 2** dargestellten Ausführung ein dreiphasiger erster Wechselrichter 8 angeschlossen, der die Gleichspannung wieder in eine dreiphasige Wechselspannung umwandelt, und zwar mit einer Frequenz von etwa 500 bis 20.000 Hz. Dem ersten Wechselrichter 8 nachgeschaltet ist ein Filter 32, bestehend aus in Reihe geschalteten Induktivitäten 34 und parallel geschalteten Kondensatoren 36. An den Filter 32 ist der Mittelfrequenztransformator 10 angeschlossen. Da die vom ersten Wechselrichter 8 erzeugte Wechselspannung dreiphasig ist, handelt es sich bei dem Mittelfrequenztransformator 10 zwangsläufig um einen Drehstromtransformator. In dem in **Fig. 2** dargestellten Ausführungsbeispiel sind die Primär- und Sekundärwicklungen des Mittelfrequenztransformators 10 jeweils im Stern geschaltet. Alternativ ist es aber natürlich auch denkbar, die Wicklungen im Dreieck zu schalten.

Der Mittelfrequenztransformator 10 sorgt nicht nur für eine Potentialtrennung, sondern auch für eine hohe Spannungsübersetzung, beispielsweise von 400 V pro Phase auf der Primärseite auf 70 kV pro Phase auf der Sekundärseite.

Anschließend formt der zweite Gleichrichter 12 die vom Mittelfrequenztransformator 10 hochtransformierte dreiphasige Wechselspannung in eine hohe Gleichspannung um. Wegen der dreiphasigen Eingangswechselspannung ist der zweite Gleichrichter 12, bei dem es sich um einen Vollwell-

len-Hochspannungsgleichrichter handelt, als dreiphasiger Gleichrichter ausgebildet, wobei ähnlich wie beim ersten Gleichrichter 4 die positive Halbwelle jeder Phase in eine positive hohe Teilgleichspannung  $+U_d$  auf dem positiven Ast L3 und die negative Halbwelle jeder Phase in eine negative hohe Teilgleichspannung  $-U_d$  auf dem negativen Ast L3 umgeformt wird, jeweils bezogen auf den Punkt P1 gemäß Fig. 2, der im dargestellten Ausführungsbeispiel symmetrisch zwischen den beiden Ästen L3 und L4 auf Erdpotential liegt, so daß die Spannungsdifferenz zwischen den beiden Ästen L3 und L4  $2 U_d$  beträgt.

Zur Glättung der vom zweiten Gleichrichter 12 erzeugten hohen Gleichspannung ist zwischen den beiden Ästen L3 und L4 eine Kapazität geschaltet, die beim in Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiel aus zwei in Reihe geschalteten Kondensatoren 38 besteht, deren Verbindungspunkt P1 auf Erdpotential liegt. Um den gleichen Betrag der Spannungsdifferenz zwischen dem positiven Ast L3 und dem Verbindungspunkt P1 einerseits und zwischen dem Verbindungspunkt P1 und dem negativen Ast L4 andererseits herzustellen, sollten beide Kondensatoren 38 die gleichen Impedanzwerte aufweisen.

An dieser Stelle sei angemerkt, daß der erste Wechselrichter 8, der Filter 32, der Mittelfrequenztransformator 10 und der zweite Gleichrichter 12 alternativ beispielsweise auch einphasig ausgeführt sein können.

Der positive Ast L3 und der negative Ast L4 sind im dargestellten Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 jeweils über eine Sicherung 42 und einen Trennschalter 44 mit der zugehörigen Ader der zwei Adern aufweisenden Übertragungsleitung 14 verbunden.

Mit Hilfe des Mittelfrequenztransformators 10 und des anschließenden zweiten Gleichrichters 12 kann somit eine hohe Gleichspannung vorzugsweise im Bereich von etwa 10 bis 500 kV erzeugt werden, die dann in die Übertragungsleitung 14 eingespeist wird.

Die so in die Übertragungsleitung 14 eingespeiste hohe Gleichspannung dient als Basisgröße und wird über den gesamten Leistungsbereich konstant gehalten, während sich der durch die Übertragungsleitung 14 fließende Strom linear als Funktion der zu übertragenden Leistung entsprechend ändert. Die Konstanthaltung der auf der Übertragungsleitung 14 angelegten hohen Gleichspannung findet durch eine entsprechende Regelung des im Gleichspannungszwischenkreis 6 enthaltenen Hochsetzstellers, des ersten Wechselrichters 8 und/oder des zweiten Gleichrichters 12 statt.

Während Fig. 2 die am Erzeugungsort installierte Schaltung der Energieübertragungsanlage zeigt, ist in den Fig. 3 und 4 die am Einspeiseort installierte Schaltung dargestellt.

Bei der in Fig. 3 gezeigten Ausführung ist die Übertragungsleitung 14 über Trennschalter 46 und Sicherungen 48 an den Filter 16 und den nachfolgenden zweiten Wechselrichter 18 angeschlossen.

Der Filter 16 dient ebenfalls zur Glättung der auf der Übertragungsleitung 14 übertragenen hohen Gleichspannung und besteht im dargestellten Ausführungsbeispiel aus zwei Kondensatoren 16a, 16b, die ähnlich wie die Kondensatoren 38 jeweils die gleiche Impedanz besitzen und zueinander in Reihe sowie gemeinsam zwischen den positiven und negativen Ästen parallel geschaltet sind, wobei der Verbindungspunkt P2 auf Erdpotential liegt.

Beim zweiten Wechselrichter 18 handelt es sich um einen gewöhnlichen dreiphasigen Wechselrichter, der im Prinzip ähnlich wie der erste Wechselrichter 8 aufgebaut ist.

Am Ausgang des zweiten Wechselrichters 18 ist ein weiterer Filter 50 angeschlossen, das in jede Phase geschaltete Induktivitäten zur Glättung des Stromes aufweist.

Die vom zweiten Wechselrichter 18 aus der hohen

Gleichspannung erzeugte Wechselspannung wird über den Filter 50 und einen daran angeschlossenen Ausgangstransformator 52 in das dreiphasige öffentliche Versorgungsnetz 20 gespeist. Dementsprechend ist der Ausgangstransformator 52 ebenfalls dreiphasig ausgeführt, wobei in der Darstellung gemäß Fig. 3 sowohl die Primärwicklungen  $W_p$  als auch die Sekundärwicklungen  $W_s$  jeweils im Stern geschaltet sind. Selbstverständlich ist es auch denkbar, die Wicklungen des Ausgangstransformators 52 im Dreieck zu schalten. Der Ausgangstransformator 52 dient zur Potentialtrennung. Eine weitere Aufgabe des Ausgangstransformators 52 kann darin bestehen, die vom zweiten Wechselrichter 18 erzeugte Wechselspannung auf einen Effektivwert zu transformieren, der dem der Wechselspannung des Versorgungsnetzes 20 entspricht.

Im Hinblick auf die von der Übertragungsleitung eingespeiste hohe Gleichspannung müssen die Hochspannungsschalter des zweiten Wechselrichters 18 eine entsprechend hohe Spannungsfestigkeit aufweisen.

Da für das Übertragungskabel 14 die Spannungsfestigkeit gegen das Erdpotential maßgeblich den Preis und die technische Machbarkeit bestimmt, sollte dieser Wert genau definiert werden. Aus diesem Grunde erscheinen Spannungswerte von  $+U_d = +50$  kV und  $-U_d = -50$  kV gegen das Erdpotential geeignet.

Um die Spannungsfestigkeit an den Hochspannungsschaltern zu halbieren, wird alternativ ein Wechselrichterkonzept gemäß Fig. 4a vorgeschlagen. Dieses Konzept sieht einen Wechselrichter 18' mit zwei Teilwechselrichtern 18a' und 18b' in Reihenschaltung vor, wobei der Verbindungspunkt zwischen den beiden Teilwechselrichtern 18a' und 18b' mit dem Verbindungspunkt P2 zusammengeschaltet ist und somit auf Erdpotential liegt. Dadurch brauchen die Teilwechselrichter 18a' und 18b' jeweils nur die Hälfte der Spannungsfestigkeit des in Fig. 3 gezeigten (einzigen) Wechselrichters 18 aufzuweisen. Die beiden Teilspannungen  $+U_d$  und  $-U_d$  werden durch die Ausgangsströme der Teilwechselrichter 18a' und 18b' geregelt; ist beispielsweise die positive Teilgleichspannung  $+U_d$  zu hoch, wird der Ausgangsstrom des zugehörigen Teilwechselrichters 18a' entsprechend höher geregelt und umgekehrt. Die von den beiden Teilwechselrichtern 18a' und 18b' erzeugten Teilwechselspannungen werden durch den Ausgangstransformator 52' primärseitig addiert, indem der Ausgang des ersten Teilwechselrichters 18a' an erste Primärwicklungen  $W_{p1}$  und der Ausgang des zweiten Teilwechselrichters 18b' an zweite Primärwicklungen  $W_{p2}$  angeschlossen und die ersten und zweiten Primärwicklungen  $W_{p1}$  und  $W_{p2}$  miteinander induktiv in Reihe gekoppelt sind.

Fig. 4b zeigt eine weitere Ausführung eines Wechselrichters 18', bei welcher vier Teilwechselrichter 18a', 18b', 18c' und 18d' in Reihe geschaltet sind, wobei der Verbindungspunkt zwischen zweitem Teilwechselrichter 18b' und drittem Teilwechselrichter 18c' mit dem Verbindungspunkt P2 verbunden ist und auf Erdpotential liegt. Auf diese Weise kann die Spannungsfestigkeit für jeden Teilwechselrichter noch einmal um die Hälfte gegenüber der Ausführung von Fig. 4a und somit auf ein Viertel gegenüber der Ausführung von Fig. 3 reduziert werden. Dementsprechend weist der Ausgangstransformator 52" dieser Ausführung vier induktiv in Reihe miteinander gekoppelte Primärwicklungen  $W_{p1}$ ,  $W_{p2}$ ,  $W_{p3}$  und  $W_{p4}$  auf, die entsprechend an die Ausgänge der Teilwechselrichter angeschlossen sind. Das in Fig. 4b gezeigte Wechselrichterkonzept funktioniert in gleicher Weise wie das in Fig. 4a gezeigte Konzept.

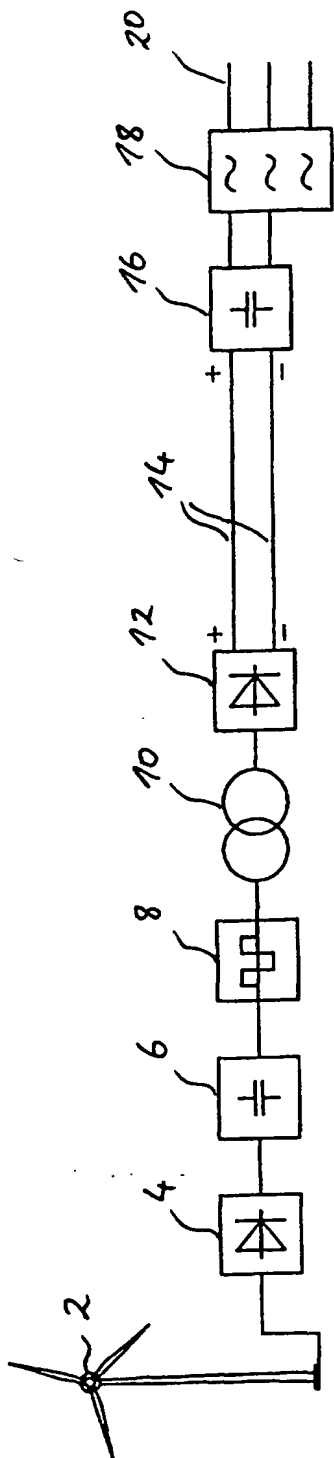
1. Elektrische Energieübertragungsanlage zur Übertragung von elektrischer Energie von einem eine erste Wechselrichterspannung erzeugenden Generator (2) über eine Übertragungsleitung (14) in ein elektrisches Wechselspannungsnetz (20), mit einer Schaltungsanordnung (4, 6, 8, 32, 10, 12), die die vom Generator (2) erzeugte erste Wechselspannung in eine erste Gleichspannung umwandelt und in die Übertragungsleitung (14) einspeist, und einem ersten Wechselrichter (18), der am Ausgang der Übertragungsleitung (14) angeschlossen ist und die erste Gleichspannung in eine zweite Wechselspannung umwandelt und in das Wechselspannungsnetz (20) einspeist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Schaltungsanordnung (4, 6, 8, 32, 10, 12)
  - eine Stromrichterschaltung (4, 6, 8), die die vom Generator (2) erzeugte erste Wechselspannung in eine dritte Wechselspannung umwandelt,
  - einen ersten Transformator (10), der die dritte Wechselspannung in eine vierte Wechselspannung umwandelt, und
  - einen ersten Gleichrichter (12), der die vierte Wechselspannung in die erste Gleichspannung umwandelt,
 aufweist.
2. Anlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Stromrichterschaltung (4, 6, 8) und/oder der erste Gleichrichter (12) die in die Übertragungsleitung (14) gespeiste erste Gleichspannung auf einen konstanten Wert regelt, so daß sich der in die Übertragungsleitung (14) gespeiste Gleichstrom als Funktion der übertragenen elektrischen Leistung ändert.
3. Anlage nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Stromrichterschaltung (4, 6, 8) die erste Wechselspannung in eine dritte Wechselspannung umwandelt, deren Frequenz höher als die der ersten Wechselspannung ist.
4. Anlage nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Stromrichterschaltung (4, 6, 8) die erste Wechselspannung in eine dritte Wechselspannung umwandelt, deren Frequenz im Bereich von etwa 500 bis 20.000 Hz liegt.
5. Anlage nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Stromrichterschaltung die erste Wechselspannung in eine einphasige dritte Wechselspannung umwandelt.
6. Anlage nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Stromrichterschaltung (4, 6, 8) einen zweiten Gleichrichter (4), der die vom Generator (2) erzeugte erste Wechselspannung in eine zweite Gleichspannung umwandelt, und einen zweiten Wechselrichter (8), der die vom zweiten Gleichrichter (4) erzeugte zweite Gleichspannung in die dritte Wechselspannung umwandelt, aufweist.
7. Anlage nach den Ansprüchen 5 und 6, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Wechselrichter (8) ein einphasiger Wechselrichter ist.
8. Anlage nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem zweiten Gleichrichter (4) und dem zweiten Wechselrichter (8) ein Hochsetzsteller (24, 26, 28, 30) geschaltet ist, der die zweite Gleichspannung in eine konstante Gleichspannung umformt.
9. Anlage nach mindestens einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Gleichrichter (12) die vierte Wechselspannung in eine erste Gleichspannung umwandelt, die höher als die zweite Gleichspannung ist.

10. Anlage nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Gleichrichter (12) die vierte Wechselspannung in eine erste Gleichspannung umwandelt, die im Bereich von etwa 10 bis 500 kV liegt.
11. Anlage nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Transformator (10) die dritte Wechselspannung in eine vierte Wechselspannung mit einer höheren Amplitude als die der dritten Wechselspannung umwandelt.
12. Anlage nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Stromrichterschaltung (4, 6, 8) und dem ersten Transformator (10) ein Filter (32) geschaltet ist.
13. Anlage nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Filter (32) mindestens eine in Reihe geschaltete Induktivität (34) und mindestens einen parallel geschalteten Kondensator (36) aufweist.
14. Anlage nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem ersten Gleichrichter (12) und der Übertragungsleitung (14) und/oder zwischen der Übertragungsleitung (14) und dem ersten Wechselrichter (18) mindestens ein Kondensator (38; 16a, 16b) gegen Masse geschaltet ist.
15. Anlage nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Wechselrichter (18'; 18'') aus mehreren in Reihe geschalteten Teilwechselrichtern (18a', 18b'; 18a'', 18b'', 18c'', 18d'') gebildet ist.
16. Anlage nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Wechselrichter (18'; 18'') aus mehreren in Reihe geschalteten Teilwechselrichtern (18a', 18b'; 18a'', 18b'', 18c'', 18d'') gerader Anzahl gebildet ist und der Verbindungspunkt (P2) zwischen der ersten halben Anzahl (18a'; 18a'', 18b'') und der zweiten halben Anzahl (18b'; 18c'', 18d'') von Teilwechselrichtern auf Erdpotential M liegt.
17. Anlage nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Wechselrichter (18; 18'; 18'') über einen zweiten Transformator (52; 52'; 52'') an das Wechselspannungsnetz (20) angeschlossen ist.
18. Anlage nach Anspruch 17 sowie Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Transformator (52'; 52'') mehrere induktiv in Reihe gekoppelte Primärwicklungsanordnungen (Wp1, Wp2; Wp1, Wp2, Wp3, Wp4) entsprechend der Anzahl der Teilwechselrichter (18a', 18b'; 18a'', 18b'', 18c'', 18d'') und eine gemeinsame Sekundärwicklungsanordnung (Ws) aufweist, wobei jeweils eine Primärwicklungsanordnung an einen Teilwechselrichter angeschlossen ist.

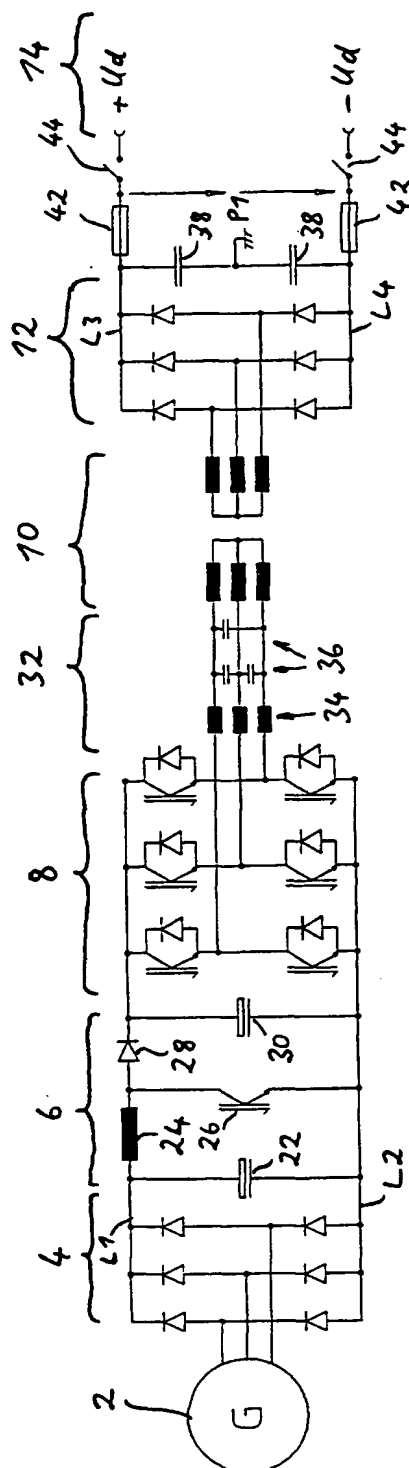
---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

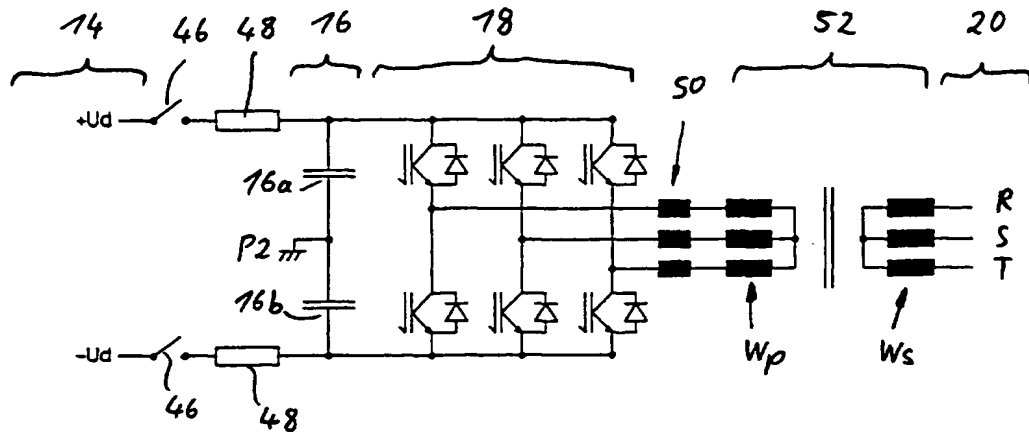
---



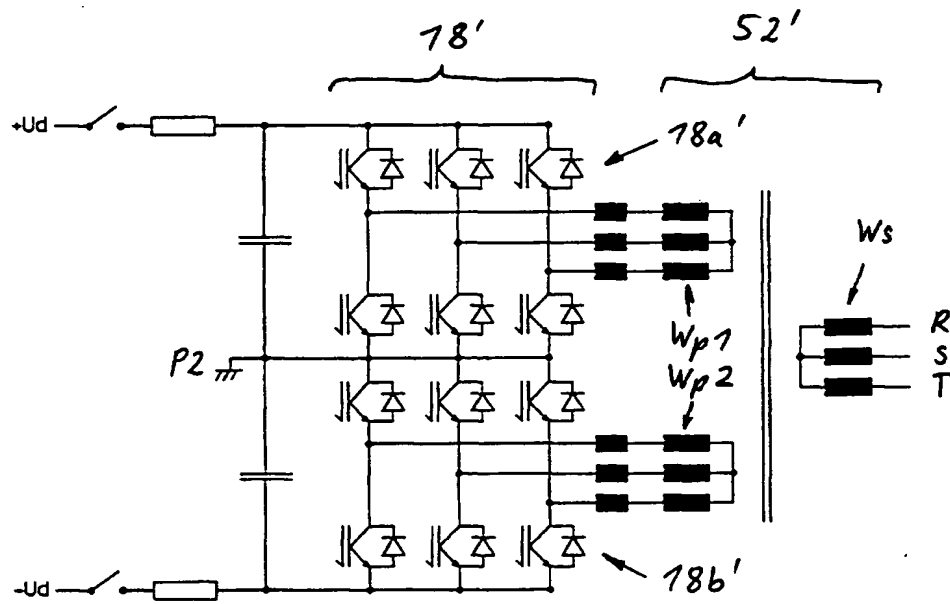
**Fig. 1**



**Fig. 2**



**Fig. 3**



**Fig. 4a**

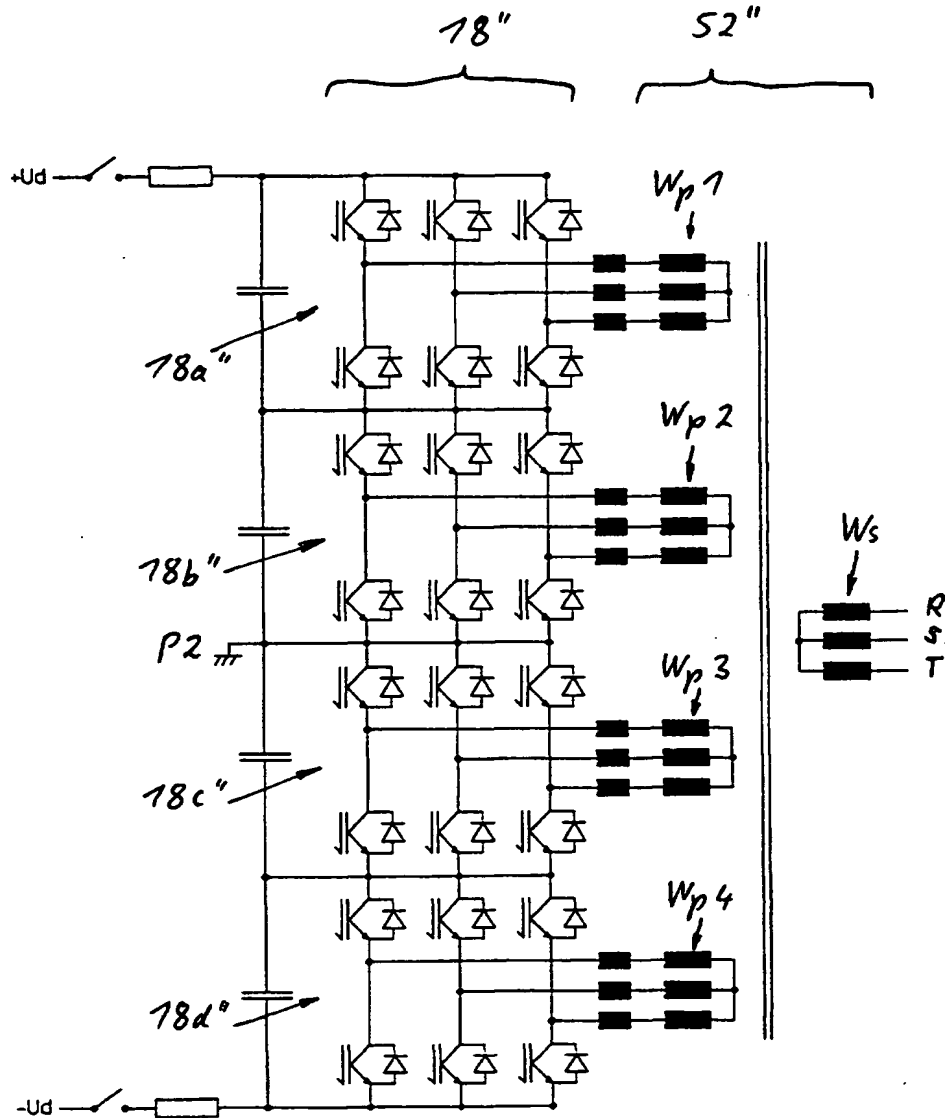


Fig. 4b